



**DESAIN TUNGKAI KAKI *PROSTHETIC* DENGAN METODE  
*FEM***

**SKRIPSI**



Oleh:

**Regal Nalendra Wicaksana**

**1603035042**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA  
JAKARTA  
2020**

**DESAIN TUNGKAI KAKI *PROSTHETIC* DENGAN METODE  
*FEM***

**SKRIPSI**

Disusun untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Sarjana Teknik Mesin



Oleh:

**Regal Nalendra Wicaksana**

**1603035042**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA  
JAKARTA  
2020**

# HALAMAN PERSETUJUAN

## DESAIN TUNGKAI KAKI *PROSTHETIC* DENGAN METODE *FEM*

SKRIPSI

Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Sarjana Teknik Mesin

Oleh:

**Regal Nalendra Wicaksana**

1603035042

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan ke Sidang Ujian Skripsi  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UHAMKA

Tanggal, 5 Agustus 2020

Pembimbing



**Delvis Agusman, S.T., M.Sc.**

NIDN. 0311087002

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Mesin



**Delvis Agusman, S.T., M.Sc.**

NIDN. 0311087002

## HALAMAN PENGESAHAN


### DESAIN TUNGKAI KAKI *PROSTHETIC* DENGAN METODE FEM

#### SKRIPSI

Oleh:  
Regal Nalendra Wicaksana  
1603035042

Telah **DIUJI** dan dinyatakan **LULUS** dalam Sidang Ujian Skripsi  
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik UHAMKA  
Tanggal, 14 Agustus 2020

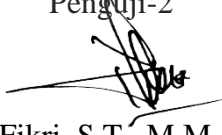
Pembimbing

  
Delvis Agusman.ST.,M.Sc.  
NIDN. 0311087002

Penguji-1

  
Pancatutva Hesti Gunawan, S.T., M.T.  
NIDN. 0315046802


Penguji-2

  
Agus Fikri, S.T., M.M., M.T.  
NIDN. 0319087101

Mengesahkan,  
Dekan Fakultas Teknik HAMKA

  
Dr. Sugema, S.Kom., M.Kom  
NIDN. 0323056403

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Mesin

  
Delvis Agusman.S.T., M.Sc.  
NIDN. 0311087002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya, yang membuat pernyataan

Nama : Regal Nalendra Wicaksana  
NIM : 1603035042  
Judul skripsi : **DESAIN TUNGKAI KAKI *PROSTHETIC* DENGAN  
METODE *FEM***

Menyatakan bahwa, skripsi ini merupakan karya saya sendiri (ASLI) dan isi dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademis di suatu institusi pendidikan tinggi mana pun, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan/atau diterbitkan oleh orang lain, KECUALI yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Segala sesuatu yang terkait dengan naskah dan karya yang telah dibuat adalah menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Jakarta, 05 Agustus 2020



Regal Nalendra Wicaksana

## KATA PENGANTAR

*Assallamu'alaikum wa rohmatullahi wa barokaatuh,*

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah Tuhan Yang Maha Esa, hingga penelitian dan penulisan skripsi ini dapat diselesaikan. Shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad S.A.W. dan para pengikutnya yang membawa pencerahan sampai saat ini.

Penulisan skripsi ini disusun berdasarkan penelitian yang telah diselesaikan untuk menyelesaikan pendidikan Strata-1 dan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA.

Ucapan terimakasih, pada kesempatan ini dihaturkan kepada:

1. Bapak Sugeng dan Ibu Wiwik orang tua yang telah memberikan dukungan dan do'a serta memberikan motivasi hingga penulisan ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Bapak Delvis Agusman, S.T., M.Sc. sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA dan dosen pembimbing yang telah membantu dan memberikan arahan dari awal hingga akhir penulisan skripsi.
3. Bapak Pancatativa Hesti Gunawan, S.T., MT. sebagai dosen pembimbing akademik yang telah membimbing perkuliahan.
4. Seluruh dosen dan teman-teman Teknik Mesin Angkatan 2016 Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA yang telah membantu perkuliahan hingga menyelesaikan penulisan skripsi.

Masih terdapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna serta tidak terlepas dari kesalahan baik penulisan maupun isi dari skripsi ini, dihaarapkan saran yang membangun, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

*Wa billahitaufiq wal hidayah, fastabiqul khoirot, wassalamu'alaikum wa rohmatullahi wa barokaatuh.*

Jakarta, 28 Juli 2020

Regal Nalendra Wicaksana

## PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA (UHAMKA), saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Regal Nalendra Wicaksana

NIM : 1603035042

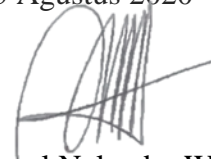
Program Studi : Teknik Mesin

Menyetujui, memberikan Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*non-exclusive royalty free right*) kepada Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA (UHAMKA) atas karya ilmiah saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) yang berjudul:

DESAIN TUNGKAI KAKI *PROSTHETIC* DENGAN METODE *FEM*

Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Segala sesuatu yang terkait dengan naskah dan karya yang telah dibuat adalah menjadi tanggung jawab saya pribadi.

Jakarta, 05 Agustus 2020



Regal Nalendra Wicaksana

## ABSTRAK

### DESAIN TUNGKAI KAKI *PROSTHETIC* DENGAN METODE *FEM*

Regal Nalendra Wicaksana

*Prosthetic* bawah lutut merupakan alat pengganti organ bawah lutut sehingga akan membantu penderita amputasi bawah lutut agar dapat berdiri dan berjalan. Perkembangan *prosthetic* bawah lutut di Indonesia masih memiliki kekurangan dalam pembuatan maupun penampilan dengan keterbatasan alat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain tungkai kaki dengan rentan antropometri orang Indonesia persenti 95% sehingga menghasilkan suatu desain produk *prosthetic* bagi *disabled people*. Perancangan ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* CAD sebagai mendesain beserta menggunakan *FEM* atau metode elemen hingga. Proses pengujian dilakukan dengan satu kondisi pengujian menggunakan material *stainless steel*. *Prosthetic* bawah lutut tersebut dirancang untuk mampu menahan beban 90 kg sampai dengan 130 kg dan dapat digunakan secara aman dan nyaman.

**Kata kunci:** *Prosthetic*, Tungkai Kaki, *FEM*

### *PROSTETIC FEET DESIGN WITH FEM METHOD*

Regal Nalendra Wicaksana

*Prosthetic below the knee is a tool supporting the lower leg knee so it will help sufferers of amputation below the knee to be able to stand and walk. The development of prosthetic under the knee in Indonesia still has shortcomings in making also appearance with limited tools. This study discusses the design of legs with the anthropometric vulnerability of Indonesians still 95% producing fake product designs for disabled people. This design is done using CAD software designed to use FEM or the finite element method. The testing process is carried out under one test condition using stainless steel material. The below knee knees are designed to be able to withstand loads of 90 kg to 130 kg and can be used safely and comfortably.*

**Keywords:** *Prosthetic*, legs, *FEM*



## DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	2
1.5 Manfaat Penulisan .....	2
1.6 Sistematika Penulisan .....	2
<b>BAB 2. DASAR TEORI</b> .....	4
2.1 Kerangka Teori .....	4
2.1.1 Gaya Berjalan .....	4
2.1.2 Antropometri .....	6
2.1.3 <i>Shank</i> .....	8
2.1.4 Metode Elemen Hingga .....	9
2.1.5 Reaksi Gaya Pada <i>Shank</i> .....	10
2.2 Penelitian Yang Relevan .....	12
<b>BAB 3. METODOLOGI</b> .....	14
3.1 Alur Perancangan .....	14
3.2 Identifikasi Kebutuhan .....	15
3.2.1 <i>Software</i> .....	15
3.2.2 <i>Hardware</i> .....	15
3.3 Perancangan .....	15
3.4 Konsep Desain .....	16
3.4.1 <i>Benchmarking</i> .....	16
3.4.2 Kriteria Desain .....	17

3.4.3	Sketsa Perancangan .....	17
3.4.4	Pemilihan Material .....	18
3.4.5	Pemodelan Desain .....	18
3.5	Simulasi Dan Pengujian .....	21
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>22</b>
4.1	Hasil Perancangan Desain Shank Tipe-1 .....	22
4.1.1	Pengujian Desain <i>Shank</i> Tipe-1 .....	23
4.1.2	Hasil Pengujian <i>Shank</i> Tipe-1 .....	24
4.2	Hasil Perancangan Desain Shank Tipe-2 .....	24
4.2.1	Pengujian Desain <i>Shank</i> Tipe-2 .....	25
4.2.2	Hasil Pengujian <i>Shank</i> Tipe Tipe-2 .....	26
4.3	Analisa Dan Pembahasan .....	27
4.3.1	Analisa Desain .....	28
4.3.2	Hasil Perbandingan Desain <i>Shank</i> .....	28
4.3.3	Pembahasan Desain <i>Shank</i> .....	30
4.3.5	Hasil Resultan Gaya Pada <i>Shank</i> .....	31
<b>BAB 5.</b>	<b>SIMPULAN</b> .....	<b>33</b>
5.1	Simpulan .....	33
5.2	Saran .....	33
	<b>DAFTAR REFERENSI</b> .....	<b>34</b>
	<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>37</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2-1</b> Data Antropometri Penduduk Indonesia.....	7
<b>Tabel 2-2</b> Anthropometri Kaki Penduduk Indonesia.....	8
<b>Tabel 3-1</b> <i>Benchmarking</i> .....	16
<b>Tabel 3-2</b> Kriteria dalam Desain .....	17
<b>Tabel 3-3</b> Parameter <i>Stainless Steel</i> 304 .....	18
<b>Tabel 4-1</b> Perbandingan Tipe <i>Shank</i> .....	28
<b>Tabel 4-2</b> Pengujian <i>Von Mises</i> dan <i>Displacement Shank</i> tipe-2.....	30

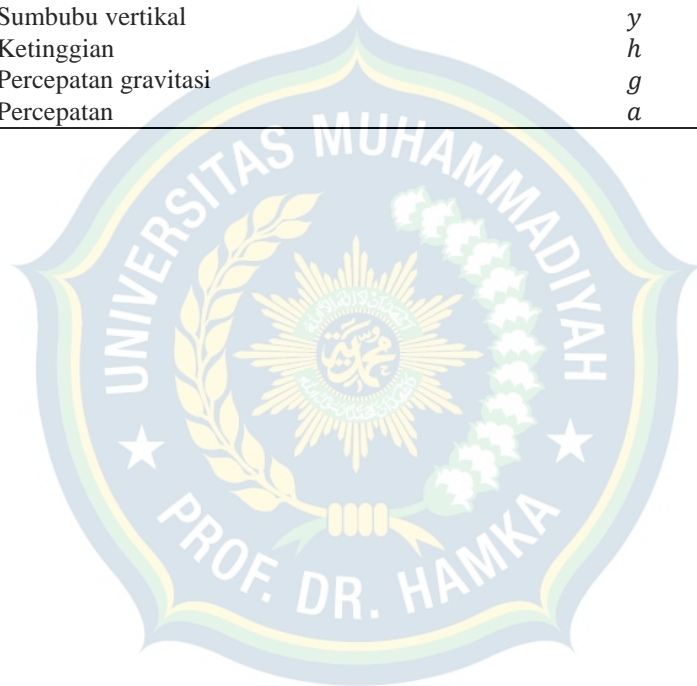


## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2-1</b> Gerak Kaki Manusia.....	4
<b>Gambar 2-2</b> <i>Shank</i> Dengan Pengatur Tinggi Rendah.....	9
<b>Gambar 2-3</b> Metode Elemen Hingga.....	10
<b>Gambar 2-4</b> Arah Gaya Kaki.....	11
<b>Gambar 2-5</b> Arah Gaya Kaki.....	11
<b>Gambar 2-6</b> Vektor Resultan Gaya .....	12
<b>Gambar 3-1</b> Alur Perancangan .....	14
<b>Gambar 3-2</b> Sketsa Pemodelan.....	18
<b>Gambar 3-3</b> Pemodelan Tipe-1 .....	19
<b>Gambar 3-4</b> Gambar Teknik Pemodelan Tipe-1 .....	19
<b>Gambar 3-5</b> Pemodelan Tipe-2 .....	20
<b>Gambar 3-6</b> Gambar Teknik Pemodelan Tipe-2 .....	20
<b>Gambar 4-1</b> Perancangan Protesis <i>Shank</i> Tipe-1 .....	22
<b>Gambar 4-2</b> Desain pengujian <i>Shank</i> Tipe-1.....	23
<b>Gambar 4-3</b> Hasil Pengujian <i>Shank</i> Tipe-1 .....	24
<b>Gambar 4-4</b> Hasil Perancangan Desain <i>Shank</i> Tipe-2.....	25
<b>Gambar 4-5</b> Desain Pengujian <i>Shank</i> Tipe-2 .....	26
<b>Gambar 4-6</b> Hasil Pengujian <i>Shank</i> Tipe-2 .....	27
<b>Gambar 4-7 a</b> Tipe-1 .....	28
<b>Gambar 4-8 b</b> Tipe-2 .....	29
<b>Gambar 4-9</b> Grafik Tegangan Maksimum.....	31
<b>Gambar 4-10</b> Resultan Gaya Kondisi Statis .....	32

## DAFTAR NOTASI

No.	Uraian	Notasi	Satuan
1	Force	$F$	N
2	Massa	$m$	kg
3	Moment inersia	$I$	kg/m <sup>2</sup>
4	Percepatan angular	$\theta$	rad/s <sup>2</sup>
5	Momentum	$N$	Nm
6	Moment otot dari lutut	$Mg$	Nm
7	Kecepatan sudut	$\omega$	rad/s
8	Percepatan sudut	$\varepsilon$	rad/s <sup>2</sup>
9	Sumbu horizontal	$x$	–
10	Sumbubu vertikal	$y$	–
11	Ketinggian	$h$	mm
12	Percepatan gravitasi	$g$	m/s <sup>2</sup>
13	Percepatan	$a$	m/s <sup>2</sup>



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran A.</b> Gambar Teknik <i>Shank</i> Tipe-1 .....	37
<b>Lampiran B.</b> Gambar Teknik <i>Shank</i> Tipe-2 .....	38



# BAB 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang Masalah

Kesehatan merupakan bagian penting yang diinginkan manusia terutama aktivitas yang berkaitan dengan kegiatan yang menggunakan kaki pada kesehariannya (Panich, 2010). Tak hanya sebagai aktivitas, kaki merupakan anggota gerak yang berfungsi sebagai penyeimbang tubuh, dengan kata lain tanpa adanya kaki atau kehilangan salah satunya maka tubuh manusia menjadi tidak seimbang. Oleh karena itu manusia melakukan berbagai cara agar menjaga kesehatannya terutama dari penyakit yang mengganggu aktivitas.

Setiap manusia tidak ingin mengalami gangguan penyakit terutama bagian untuk kegiatan sehari-hari pada kaki (Junianto & Kuswanto, 2018). Penyakit yang ditimbulkan pada daerah kaki berupa cacat fisik atau gangguan fisik. Cacat fisik ini yang biasanya disebut disabilitas disebabkan oleh gangguan penyakit cacat sejak lahir ataupun terjadi kecelakaan yang dialaminya (Konseptual & Sumartiningsih, 2012). Kecacatan atau disabilitas ini dapat dipermudah dengan menggunakan alat bantu berjalan atau kaki palsu (Rachmat & Priangi, 2019)

Di Indonesia sendiri sudah dikembangkan alat bantu berjalan atau kaki palsu pada bagian betis/tungkai yang dibuat secara solid atau kaku yang menyerupai kaki asli sesungguhnya, sehingga hal ini menyebabkan ketidaknyamanan seseorang saat menggunakan. Maka untuk mendapatkan kenyamanan ketika digunakan ketika berjalan yaitu membuat bagian pada tungkai atau betis yang ringan serta menyesuaikan pada bagian *foot* agar lebih nyaman ketika digunakan (Suryawan, Ridlwan, Setiadi, & Kaliurang, 2019). Desain ini digunakan sebagai pertimbangan membantu orang-orang yang membutuhkan perancangan ini.

Bagian tungkai atau betis ini adalah penerus beban berat badan dari seseorang menuju bagian *foot* yang dikenal dengan sebutan *shank* (Herr, 2009). *Shank* lebih banyak dikembangkan secara menyeluruh pada industri kaki palsu

ataupun medis dibandingkan dengan bentuk yang menyerupai kaki asli secara kaku. (Ali, 2014).

## 1.2 Perumusan Masalah

Bagaimana rancangan *shank* untuk antropometri kaki penduduk Indonesia pada persentil 95 (P95)?

## 1.3 Batasan Masalah

1. Perancangan ini hanya memfokuskan pada desain dan hasil analisa bagian tungkai (*shank*) dengan bantuan *software CAD* dan (*FEM*) *Finite Element Methode*.
2. Perancangan mengacu untuk ukuran antropometri pada persentil 95 (P95) jenis kelamin laki-laki orang Indonesia.

## 1.4 Tujuan

Menghasilkan suatu desain produk dan *mockup* pada bagian *shank* dengan persentil 95 (P95) jenis kelamin laki-laki orang indonesia sehingga dapat digunakan menjadi organ *prosthetic* bagi *disabled people* dengan menanggung kekuatan beban sebesar 90kg.

## 1.5 Manfaat Penulisan

Menghasilkan suatu standar dari perancangan organ *prosthetic* terutama bagian *shank* yang dapat memenuhi kriteria sesuai dengan antropometri persentil 95 (P95) jenis kelamin laki-laki orang Indonesia.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika ini yang berisi mengenai urutan pada penulisan skripsi dengan setiap bab dijabarkan secara umum hingga dapat mengetahui bentuk gambaran dari masing-masing bab dengan urutan yang sesuai. Penulisan sistematika ini dimaksudkan agar dapat mempermudah dalam pembahasan, yang dijabarkan sebagai berikut:



## **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bagian pendahuluan yang menjelaskan tentang latar belakang sehingga di rumuskan kedalam permasalahan tentang cara merancang desain *prosthetic shank* dan diberikan batasan masalah agar tidak meluas dari pembahasan untuk tercapainya suatu tujuan, manfaat penulisan, dan sistematika penulisan.

## **BAB 2 DASAR TEORI**

Bagian yang berisi tentang menganalisa gaya berjalan dengan antropometri untuk mengukur bagian kaki, serta menjelaskan tentang *shank* dengan pengujian menggunakan metode elemen hingga dan reaksi gaya resultan.

## **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

Menampilkan tentang alur penelitian dan untuk jelesakan secara detail terdapat pada alur perancangan, kemudian indentifikasi kebutuhan dan perancangan untuk membuat konsep desain yang ditampilkan dengan *benchmark*.

## **BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Perancangan menampilkan tiga tipe desain *shank* dengan pengujian pada masing-masing tipe dengan menggunakan metode elemen hingga, kemudian dilanjutkan pada pemilihan desain dan menganalisa perbandingan desain serta menampilkan grafik tegangan maksimum.

## **BAB 5. SIMPULAN**

1. Berisi tentang suatu hal yang dapat diambil sebagai jawaban dari tujuan dan penelitian tersebut.
2. Bagian pada simpulan ini dapat ditampilkan/diuraikan tentang hal-hal yang dapat dilakukan untuk suatu pengujian dan dapat memperbaiki hasil dari penelitian kedalam bentuk saran.

## DAFTAR REFERENSI

- Amry, I. Y., & Ibrahim, B. (n.d.). *Perancangan Dan Analisis Trolley Untuk Fuselage Pesawat Terbang Casa 212- 400 Di Pt Dirgantara Indonesia*.
- Chaudhry, H., Findley, T., Quigley, K. S., Bukiet, B., Ji, Z., Sims, T., & Maney, M. (2004). Measures of postural stability. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 41(5), 713–720. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2003.09.0140>
- Crowe, C. S., Impastato, K. A., Donaghy, A. C., Earl, C., Friedly, J. L., & Keys, K. A. (2019). Prosthetic and orthotic options for lower extremity amputation and reconstruction. *Plastic and Aesthetic Research*, 2019. <https://doi.org/10.20517/2347-9264.2018.70>
- Herr, H. (2009). Exoskeletons and orthoses: Classification, design challenges and future directions. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 6(1), 0–9. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-6-21>
- Jia, X., Zhang, M., & Lee, W. C. C. (2004). Load transfer mechanics between trans-tibial prosthetic socket and residual limb - Dynamic effects. *Journal of Biomechanics*, 37(9), 1371–1377. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2003.12.024>
- Junianto, A. D., & Kuswanto, D. (2018). Desain Kaki Palsu untuk Membantu Aktivitas Berjalan pada Tuna Daksa Transtibial dengan Menggunakan Rapid Prototyping dan Reverse Engineering. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(1), 15–18. <https://doi.org/10.12962/j23373520.v7i1.29934>
- Kedua, E. (2009). *Penjumlahan Vektor Edisi Kedua*. 1–32.
- Kharb, A., Saini, V., Jain, Y., & Dhiman, S. (2011). A review of gait cycle and its parameters. *IJCEM Int J Comput Eng Manag*, 13(July), 78–83.
- Konseptual, A., & Sumartiningsih, S. (2012). Cedera Keseleo pada Pergelangan Kaki (Ankle Sprains). *Juli Disetujui: Juni*, 2, 2088–6802. Retrieved from <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/miki>

- Lee, W. C. C., Zhang, M., Chan, P. P. Y., & Boone, D. A. (2006). Gait analysis of low-cost flexible-shank transtibial prostheses. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 14(3), 370–377. <https://doi.org/10.1109/TNSRE.2006.881540>
- Liliana, Widagdo, S., & Abtokhi, A. (2007). Pertimbangan Antropometri pada Pendisainan. *Seminar Nasional III*, (8), 183–190.
- Miftahul, H., Rd, J., & Rahman, F. (n.d.). *Model Berbasis Ekstraksi Untuk Analisis Gaya Berjalan*. 1–9.
- Mulyadi, S. (2011). Analisa Tegangan-Regangan Produk Tongkat Lansia Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal ROTOR*, 4, 1.
- Nurmianto, Eko., 2008, Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya. Edisi 1, Guna Widya, Jakarta.
- Panich, S. (2010). Kinematic analysis of exoskeleton suit for human arm. *Journal of Computer Science*, 6(11), 1272–1275. <https://doi.org/10.3844/jcssp.2010.1272.1275>
- Rachmat, N., & . H. P. (2019). Studi Kasus : Gambaran Diri Pasien Amputasi Copart Prosthesis Akibat Trauma Kecelakaan Untuk Pasien Amputasi Ankle. *Jurnal Sehat Mandiri*, 14(1), 18–28. <https://doi.org/10.33761/jsm.v14i1.87>
- Rahayu, M., Syafrizal, T., Eng, B., & Sc, M. (2018). *Simulasi Pengujian Meja Praktikum Usulan Laboratorium Proses Manufaktur Dengan Menggunakan Pendekatan Finite Element Method ( Fem ) Simulation Testing of Proposed Table Practice Laboratory Process Manufacturing Using Finite Element Method ( Fem ) Approach*. 5(1), 1321–1328.
- Rupal, B. S., Rafique, S., Singla, A., & Singla, E. (2017). *Lower-limb exoskeletons : Research trends and regulatory guidelines in medical and non-medical applications*. (December), 1–27. <https://doi.org/10.1177/1729881417743554>
- Sokhibi, A. (2017). Perancangan Kursi Ergonomis untuk Memperbaiki Posisi Kerja

- pada Proses Packaging Jenang Kudus. *None*, 3(1), 61–72.
- Suastiyanti, D., & Hasybi, M. K. (2018). Kekerasan Hasil Pengelasan TIG dan SMAW pada Stainless Steel SS 304 untuk Aplikasi Boiler Shell. *Seminar Nasional Pakar Ke 1 Tahun 2018*, 47–52. Retrieved from <https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/pakar/article/viewFile/2602/2267>
- Suhendra, N., Deni, Y., Herdianto, N., & Roseno, S. (2012). Pembuatan Prototipe Organ Kaki Prostetik Berbasis Rekayasa Biomekanik Untuk Pasien Penyandang Cacat. *InSINas*, 126–132.
- Supriyadi, B., Androva, A., Teknik, F., & Mesin, J. T. (2015). *Perancangan Dan Pembuatan Aerator*. 9(1), 27–40.
- Suryawan, D., Ridlwan, M., Setiadi, A., & Kaliurang, J. (2019). *Inovasi desain dan simulasi model prosthesis bawah lutut berdasarkan antropometri orang indonesia*. 14(1), 30–36.
- Susanto, H., Pribadyo, P., & Novizar, R. (2019). Kemampukerasan Baja Tahan Karat AISI 304. *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi Dan Teknologi*, 5(2), 107–117. <https://doi.org/10.35308/jmkn.v5i2.1636>
- Warsyah, R. A., Wahyuni, I., & Widjasena, B. (2014). *Analisis Manfaat Kaki Palsu ( Prothesa ) Terhadap Aktivitas Fisik Pada Kaum Difabel ( Tuna Daksa ) Di Paguyuban Penyandang Cacat Jasmani Dan Wirausaha*. 2, 170–175.
- Yamashita, T., & Katoh, R. (1976). Moving pattern of point of application of vertical resultant force during level walking. *Journal of Biomechanics*, 9(2), 93–99. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(76\)90128-7](https://doi.org/10.1016/0021-9290(76)90128-7)